



ACCADEMIA DELLE SCIENZE DI TORINO



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO



REGIONE
PIEMONTE

2009 ANNO
INTERNAZIONALE
DELL'ASTRONOMIA
STORIA DEL TELESCOPIO ASTRONOMICICO



VERSO I CONFINI DELL'UNIVERSO

INDICE

2	LENTI E SPECCHI
3	PERSPICILLUM
4	IL NUOVO CIELO
5	RIFRATTORI GIGANTI
6	I TELESCOPI REFLETTORI
7	RITORNO AI RIFRATTORI
8	LA PARALLASSE E LE DISTANZE STELLARI
10	DALL'ASTRONOMIA ALL'ASTROFISICA
11	CLASSIFICAZIONE DEGLI SPETTRI STELLARI
12	I RIFLETTORI GIGANTI E L'UNIVERSO DELLE STELLE
14	NON SOLO STELLE E PIANETI
16	TELESCOPI SEMPRE PIÙ GRANDI
18	GRANDI RIFLETTORI DEL 1900
20	LE DISTANZE DELLE NEBULOSE
22	L'UNIVERSO DELLE GALASSIE
24	RIVELATORI EFFICIENTI L'ORIZZONTE SI ALLONTANA
26	I TELESCOPI DELL'INVISIBILE
28	RADIOASTRONOMIA
30	TELESCOPI INFRAROSSI
31	TELESCOPI ULTRAVIOLETTI
32	TELESCOPI PER LE ALTE ENERGIE
34	I TELESCOPI CHE STUDIANO IL BIG-BANG
36	I TELESCOPI ALLA RICERCA DI ALTRE TERRE

L'UOMO OSSERVA IL CIELO CON CURIOSITÀ E STUPORE DA MIGLIAIA DI ANNI. **400 ANNI FA** IL TELESCOPIO DI GALILEO RIVELÒ UN NUOVO CIELO, MOLTO PIÙ RICCO E PROFONDO. **80 ANNI FA** L'UOMO SCOPRÌ CHE IL CIELO EMETTE ONDE RADIO. **DA 40 ANNI** L'UOMO HA INIZIATO A COSTRUIRE OSSERVATORI ASTRONOMICI NELLO SPAZIO, PER OSSERVARE IL CIELO X, GAMMA, INFRAROSSO, ULTRAVIOLETTO. **40 ANNI FA** L'UOMO È SBARCATO SULLA LUNA. **OGGI** L'UOMO SPINGE LO SGUARDO A 13 MILIARDI DI ANNI LUCE DALLA TERRA SFIORANDO IL BIG-BANG. *"I SANTI ODIERNI NON SONO NECESSARIAMENTE PIÙ SANTI DI QUELLI DI MILLE ANNI FA; GLI ARTISTI CONTEMPORANEI NON SONO NECESSARIAMENTE PIÙ GRANDI DI QUELLI DELL'ANTICA GRECIA: ANZI, SONO PROBABILMENTE INFERIORI; E, NATURALMENTE, GLI UOMINI DI SCIENZA NON SONO NECESSARIAMENTE PIÙ INTELLIGENTI OGGI DI QUELLI DI UN TEMPO; TUTTAVIA UNA COSA È CERTA: LA LORO CONOSCENZA È ALLO STESSO TEMPO PIÙ ESTESA E PIÙ ACCURATA. L'ACQUISIZIONE E L'ORGANIZZAZIONE SISTEMATICA DELLA CONOSCENZA È LA SOLA ATTIVITÀ UMANA CHE È VERAMENTE SOGGETTA A CRESCERE E A PROGREDIRE".*

GEORGE SARTON (1884-1956), INTRODUZIONE ALLA STORIA DELLA SCIENZA

L'ANNO DELL'ASTRONOMIA OFFRE L'OCCASIONE PER RIVEDERE MITI E LEGGENDE SUGLI STRUMENTI ASTRONOMICI ANTICHI E SULL'INVENZIONE DI GALILEO.

LENTI E SPECCHI

“Si dice che alcuni mercanti Fenici approdati sulle rive del fiume Belos in Palestina non trovando una pietra su cui appoggiare il cibo per scaldarlo al fuoco usarono blocchi di salnitro che avevano nel carico della nave; il salnitro esposto al calore del fuoco si sciolse sulla sabbia ricca di quarzo della riva e generò rivoli di un liquido sconosciuto che si solidificò in bolle trasparenti: fu questa l'origine del vetro”.

Plinio il Vecchio,
Storia naturale (I sec. d.C.)

I Greci (Euclide, Archimede, Tolomeo) studiarono la rifrazione delle immagini attraverso aria e liquidi; scoprirono così che bolle di liquido potevano ingrandire l'immagine di oggetti cui fossero applicate. Usarono inoltre specchi sferici, generalmente di metallo, per osservare immagini ingrandite di oggetti lontani: tale strumento era stato posto nell'isola di Faro su una torre alta più di 100 metri e permetteva di osservare navi in avvicinamento al porto di Alessandria e di guidarle con la luce concentrata di grandi fuochi. Questi stessi specchi avevano anche la funzione di specchi ustori, come appunto furono utilizzati da Archimede nell'assedio di Siracusa, secondo una tradizione riportata da Galeno.

Ruggero Bacone nel XIII secolo riporta nell'Opus Maius importanti esperimenti sulla rifrazione con lenti convesse:

“Se le lettere di un libro o qualche oggetto minuto sono visti attraverso un segmento di una sfera di vetro o cristallo che su di essi sia appoggiato, essi saranno visti meglio e ingranditi [...] possiamo dare forma a segmenti di sfere trasparenti e disporli rispetto all'occhio e all'oggetto da osservare in modo che i raggi siano rifratti e deviati come si scelga; ... e possiamo leggere piccolissime lettere da incredibili distanze ... il Sole e la Luna e le stelle possono essere fatti apparire discendere verso di noi [...]”

Per questi esperimenti fu accusato di negromanzia.



Dall'Optica di Witelo, Norimberga, 1535

PERSPICILLUM

“Sulla richiesta di Hans Lipperhey, nato a Wesel e abitante a Middleburg, ottico, inventore di uno strumento per vedere a distanza, come verificato da questi Stati, che detto strumento venga mantenuto riservato e che a lui venga garantito il privilegio di esclusiva per trent'anni affinché a nessuno venga permesso di imitarlo, o che invece gli venga garantita una pensione annua che gli permetta di costruire tali strumenti per l'uso di questo paese soltanto, senza venderlo a re o principi stranieri. È stato deciso che l'Assemblea nomini un comitato che prenda contatto con il richiedente circa la detta invenzione, investigando se non gli sia possibile migliorare lo strumento rendendo possibile il suo uso con i due occhi insieme, ed inoltre quale sia la cifra di remunerazione che sarebbe di suo gradimento. A seguito di un rapporto su tali questioni, sarà deliberato se sia opportuno garantire al richiedente una remunerazione o un privilegio”.

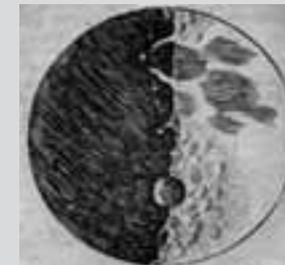
Richiesta di brevetto agli Stati Generali d'Olanda,
25 settembre 1608

“Circa dieci mesi fa ci giunse notizia che era stato costruito da un certo Fiammingo un oc-

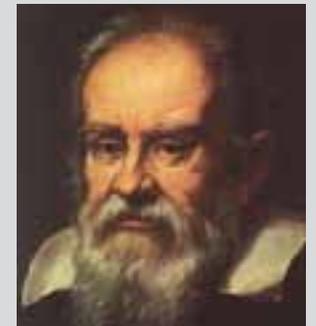
chiale, per mezzo del quale gli oggetti visibili, pur distanti assai dall'occhio di chi guarda, si vedevano distintamente come fossero vicini; e correvan voci su alcune esperienze di questo mirabile effetto, alle quali chi prestava fede, chi no. Questa stessa cosa mi venne confermata pochi giorni dopo per lettera dal nobile francese Iacopo Badovere, da Parigi; e questo fu causa che io mi volgessi tutto a cercar le ragioni e ad escogitare i mezzi per giungere all'invenzione di un simile strumento, che poco dopo conseguii, basandomi sulla dottrina delle rifrazioni. Preparai dapprima un tubo di piombo alle cui estremità applicai due lenti, entrambe piane da una parte, e dall'altra una convessa e una concava; posto l'occhio alla parte concava vidi gli oggetti abbastanza grandi e vicini, tre volte più vicini e nove volte più grandi di quanto non si

vedano a occhio nudo. In seguito preparai uno strumento più esatto, che mostrava gli oggetti più di sessanta volte maggiori. E finalmente, non risparmiando fatiche e spese, venni a tanto da costruirmi uno strumento così eccellente, che gli oggetti visti per il suo mezzo appaiono ingranditi quasi mille volte e trenta volte più vicini che visti a occhio nudo. Quanti e quali siano i vantaggi di un simile strumento, tanto per le osservazioni di terra che di mare, sarebbe del tutto superfluo dire. Ma lasciate le terrestri, mi volsi alle speculazioni del cielo; e primamente vidi la Luna così vicina come distasse appena due raggi terrestri.

Galileo,
Sidereus Nuncius,
12 marzo 1610



Nunzio Sidereo



IL NUOVO CIELO

“Il giorno sette gennaio, dunque, dell'anno milleseicentodieci, a un'ora di notte, mentre col cannocchiale osservavo gli astri mi si presentò Giove; poiché mi ero preparato uno strumento eccellente, vidi (e ciò prima non mi era accaduto per la debolezza dell'altro strumento) che intorno gli stavano tre stelle piccole ma luminosissime; e quantunque le credessi del numero delle fisse, mi destarono una certa meraviglia, perché apparivano disposte esattamente secondo una linea retta e parallela all'eclittica, e più splendide delle altre di grandezza uguale alla loro”.

“Disegnammo sei stelle del Toro dette PLEIADI (dico sei, perché la settima non appare quasi mai), ma chiuse nel cielo entro strettissimi limiti, cui altre invisibili (più di quaranta) sono vicine ...”

Galileo, *Sidereus Nuncius*,
12 marzo 1610

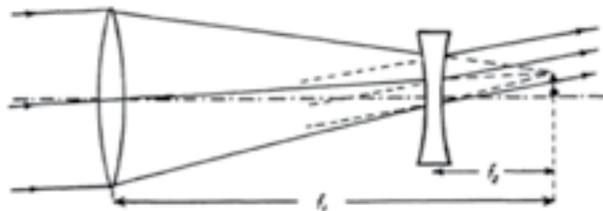
Il telescopio galileiano produceva un campo di vista ben illuminato e con le immagini diritte, ma tale campo era molto piccolo.

Gli strumenti costruiti da Galileo stesso avevano un campo circa la metà delle dimensioni apparenti della Luna. Le dimensioni massime dell'obiettivo (convesso) erano di 5 cm con oculare (concavo) di 2,6 cm. Galileo usava però solo la parte centrale dell'obiet-

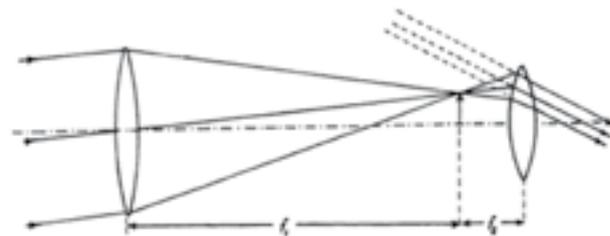
tivo, circa 2,6 cm, e dell'oculare, circa 1,1 cm. Le osservazioni erano disturbate da aberrazioni sferiche e cromatiche.

Johannes Kepler nel 1611 pubblicò il volume *Diottrica* in cui discuteva la rifrazione e l'anatomia dell'occhio e proponeva la costruzione di un telescopio rifrattore basato su un obiettivo e un oculare ambedue convessi, quello che appunto viene chiamato telescopio kepleriano (con oculare positivo). Tuttavia Kepler non era uno sperimentale e non pare abbia mai realizzato un tale strumento che invece divenne poi di uso comune in astronomia. Il tele-

scopio kepleriano permette un maggior campo di vista ed è più luminoso, ma produce immagini capovolte (il che in astronomia non rappresenta un problema!). Un telescopio kepleriano venne prodotto dal gesuita Christoph Scheiner che osservò le macchie solari in competizione con Galileo.



Telescopio Galileiano



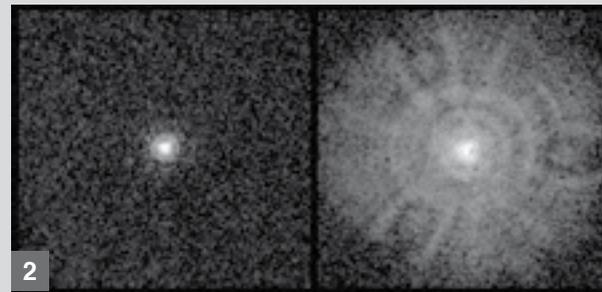
Telescopio Kepleriano

La lente dell'obiettivo raccoglie i raggi luminosi provenienti dall'oggetto (stelle, pianeti, ecc...) facendoli convergere nel fuoco (piano focale) e creandone un'immagine reale che viene ingrandita dall'oculare.

RIFRATTORI GIGANTI



1



2



3



4

Un obiettivo costituito da una semplice lente crea aberrazioni sferiche e cromatiche che impediscono di avere immagini nitide. Esse diminuiscono per sistemi ottici con curvatura molto piccola, ossia grande lunghezza focale, che consentono inoltre maggior ingrandimento all'oculare. Si

andò quindi verso la costruzione di telescopi di grande apertura e grande focale. I primi grandi telescopi, fino a 46 metri di focale, furono costruiti da **Johannes Hevelius** di Danzica che nel 1647 pubblicò *Selenographia*, la prima mappa completa della Luna. Nel 1659 **Christian Huygens** pubblicò il *Sistema Saturnium* dedicato alla scoperta degli anelli di Saturno e della sua luna Titano. Le osservazioni erano state fatte con un telescopio di focale 44 metri. Giuseppe Campani di Roma fornì le lenti per i telescopi usati da **Gian Domenico Cassini** di Perinaldo che a Bologna, sfruttando la qualità del cielo italiano, nel 1666 osservò le rotazioni di Marte, Venere e Giove.

- 1 - Telescopio gigante di 44 m.
- 2 - A sinistra immagine di una stella al limite di diffrazione, a destra immagine della stessa stella con lente affetta da aberrazione sferica.
- 3 - Aberrazione cromatica
- 4 - *Selenographia* (1647)

I TELESCOPI RIFLETTORI

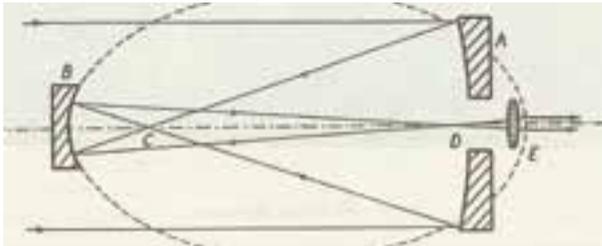
“Vedendo che il miglioramento dei Telescopi di grandi dimensioni per mezzo di rifrazioni appariva impresa disperata, mi rivolsi dunque alla prospettiva delle Riflessioni usando invece di un obiettivo di vetro uno specchio concavo di metallo.”



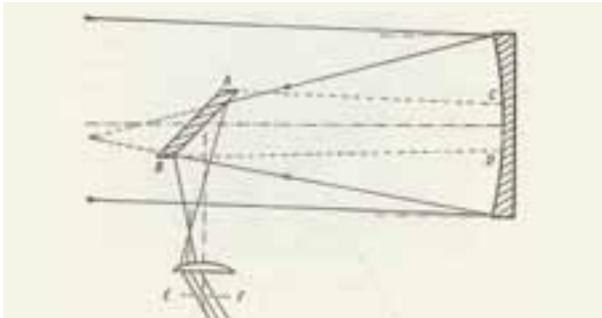
Isaac Newton, *Opticks*, 1718

Newton usò uno specchio primario concavo parabolico e un secondario piano per costruire il suo primo telescopio riflettore nel 1668.

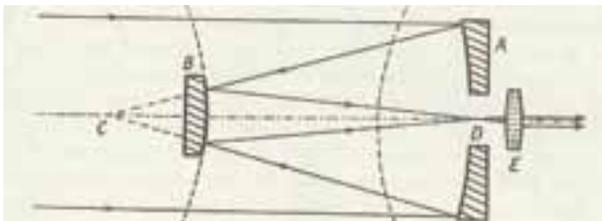
Differenti sistemi ottici riflettori furono sviluppati usando specchi metallici. **James Gregory** usò uno specchio concavo primario parabolico con uno secondario concavo ellissoidale. **Laurent Cassegrain** usò uno specchio concavo primario parabolico con uno secondario convesso iperbolico. Tuttavia le tecnologie per la produzione di specchi metallici non permettevano all'epoca di realizzare sistemi di qualità geometriche e riflettività elevate.



Riflettore gregoriano (1663)



Riflettore newtoniano (1668)



Riflettore cassegrain (1672)



RITORNO AI RIFRATTORI

La difficoltà di produrre specchi di buona qualità riportò a lavorare su telescopi a lente nella prospettiva di ridurre le aberrazioni.

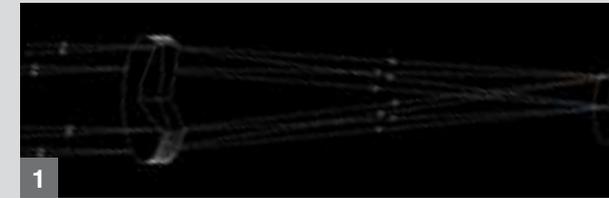
Nel 1756 **Peter Dollond** produsse il primo obiettivo asferico a tre lenti: utilizzando due lenti concave di crown e la terza convessa di flint, egli riuscì a ridurre l'aberrazione sferica e a

realizzare obiettivi che avevano dimensioni maggiori a parità di focale.

Nella prima metà del XIX secolo, **Joseph von Fraunhofer** perfezionò le lenti acromatiche, eliminando quasi completamente l'aberrazione cromatica inserendo lenti di correzione. Da allora la produzione e l'uso dei telescopi rifrattori si diffuse

in maniera molto rapida.

Il maggiore telescopio rifrattore venne costruito da **George Ellery Hale** e **Alvin Clark** all'osservatorio di Yerkes dell'Università di Chicago nel 1895 con un obiettivo acromatico di 1 metro.



1



3



2

1 - Tripletto di Dollond

2 - Il Telescopio di Fraunhofer

3 - Il grande rifrattore di Yerkes in un'immagine dell'epoca

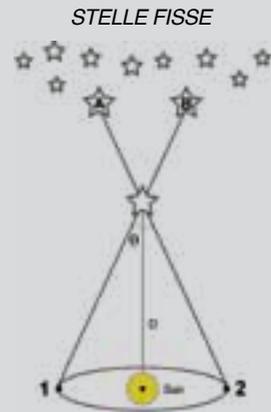
LA PARALLASSE E LE DISTANZE STELLARI

La grande distanza delle stelle ha rappresentato nel passato una delle ragioni della difficoltà nell'ottenere una visione tridimensionale dell'Universo. Con il raffinarsi delle tecniche di costruzione dei telescopi nel corso dell'800, fu possibile affrontare questo problema con la misura delle parallasse annue delle stelle più vicine. Tale misura consiste nel determinare la differenza nella posizione di una stella, relativa alle stelle di sfondo, quindi fisse, a distanza di sei mesi prodotta dal moto della Terra intorno al Sole. Si ottiene così l'angolo di parallasse θ . Da questo si può risalire alla distanza D della stella con metodi di trigonometria elementare.

Nel 1838 **Friedrich Bessel** misurò l'angolo di parallasse annua della stella 61 Cygni in 0,314 secondi d'arco, corrispondenti a 3,18 parsec (10,4 anni luce). Il valore attuale è di 0,292 secondi d'arco, corrispondenti a 2,96 parsec. Nella misura della corretta posizione della stella Bessel dovette tenere conto di molti elementi, come il moto proprio della stella e la rifrazione dell'atmosfera della Terra. Un secondo d'arco corri-

sponde all'angolo sotto cui si osserva la moneta da un euro posta alla distanza di 4 chilometri.

Le misure di posizioni e moti propri delle stelle furono essenziali per gli studi della distribuzione spaziale delle stelle e della dinamica della Via Lattea.



Friedrich Bessel (1784-1846)



Eliometro dell'Osservatorio di Königsberg con lente da 6,2" (15,7 cm), costruito da Fraunhofer e usato da Bessel per le misure della parallasse di 61 Cygni.

La regione stellare intorno a 61 Cygni in un'immagine moderna.



DALL'ASTRONOMIA ALL'ASTROFISICA



Joseph von Fraunhofer (1787-1826)

Fraunhofer fu un esperto costruttore di telescopi ed eliografi. Inventò lo spettroscopio con cui osservò e descrisse le caratteristiche righe spettrali in assorbimento dello spettro solare, che vanno appunto sotto il nome di "Righe di Fraunhofer" (1814).

L'interpretazione delle righe spettrali fu data da Kirchhoff.

Kirchhoff e Bunsen osservarono in laboratorio che un elemento portato ad alta temperatura emette uno spettro caratteristico, formato da righe in emissione, tipiche del particola-

re elemento. A seguito di questi esperimenti, Kirchhoff enunciò le tre leggi della spettroscopia nel 1859:

- (1) un corpo solido ad alta temperatura emette uno spettro continuo con un colore dominante dipendente dalla temperatura;
- (2) un gas rarefatto emette uno spettro discontinuo con bande o righe caratteristiche del gas;
- (3) un gas rarefatto posto davanti ad un solido più caldo crea righe o bande oscure sullo spettro continuo di quest'ultimo che corrispondono alle bande o righe che emetterebbe se riscaldato.

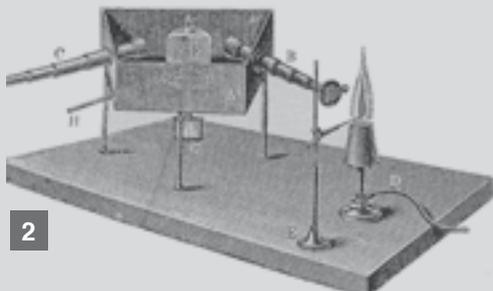
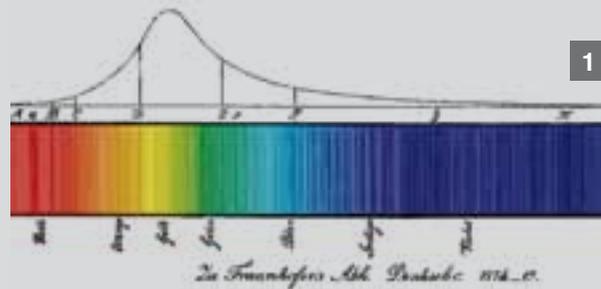


Gustav Kirchhoff (1824-1887)

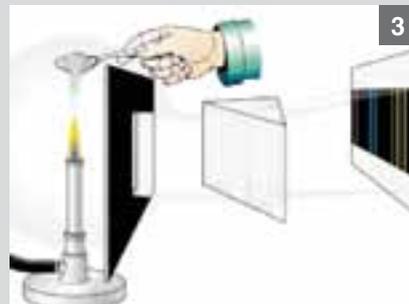
1 - Righe di Fraunhofer

2 - Spettroscopio di Kirchhoff e Bunsen (1860)

3 - Produzione di uno spettro a righe in laboratorio.



2

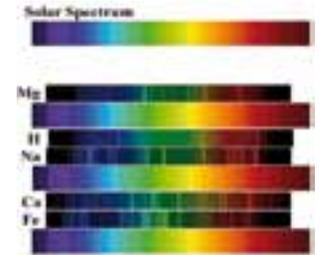


3

CLASSIFICAZIONE DEGLI SPETTRI STELLARI

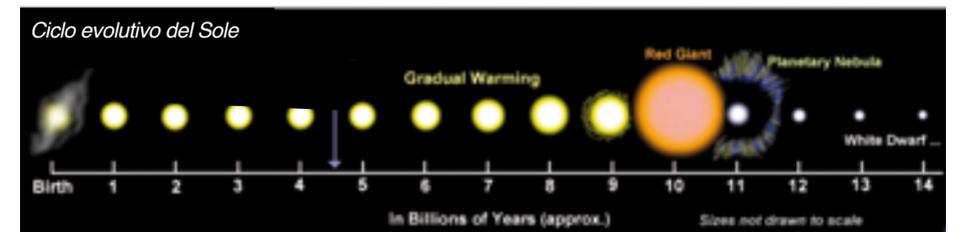
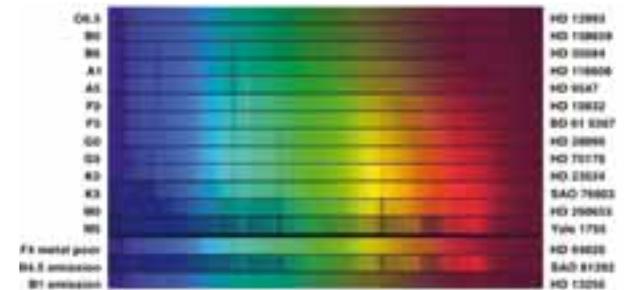
Gli stessi elementi presenti sulla Terra si osservano negli spettri del Sole e delle stelle. Le leggi della fisica possono descrivere i fenomeni celesti: nasce l'Astrofisica. Nel 1868 Sir **Norman Lockyer** osservò righe nello spettro solare mai osservate in laboratorio; chiamò Elio l'elemento fino ad allora sconosciuto. **Secchi** fu uno dei fondatori della spettroscopia stellare. Studiò la fisica dei corpi celesti mediante tecniche fotografiche e spettroscopiche e fu autore della prima classificazione delle stelle in base al colore (1861-1868) ("classi di Secchi"). Pose

le basi per lo studio dell'evoluzione del Sole e delle stelle. Fondò la "Società degli Spettroscopisti Italiani" (1871), che divenne poi la Società Astronomica Italiana. Un grande lavoro di classificazione delle stelle in base alle caratteristiche delle righe spettrali fu compiuto dalle collaboratrici di Edward Pickering (1846-1919) a Harvard. Le stelle furono divise in classi spettrali indicate dalle lettere: O, B, A, F, G, K e M. Le stelle più calde sono il tipo O, con poche righe nello spettro, fino alle stelle più fredde di tipo M, caratterizzate da molte righe in assorbimento.



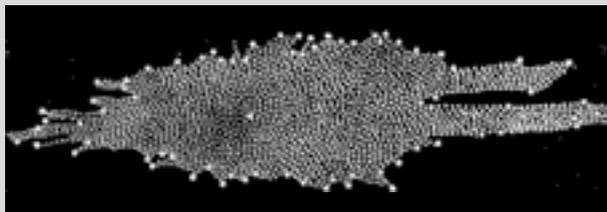
Angelo Secchi (1818-1878)

Negli spettri stellari visualizzati a lato, la temperatura superficiale della stella decresce dall'alto verso il basso. Dai modelli di evoluzione stellare, risultò che le stelle di classe O sono di grande massa, mentre quelle di classe spettrale più avanzata hanno masse via via più piccole. Righe spettrali spostate rispetto alle posizioni di laboratorio sono indice di moto della stella: Effetto Doppler.



I RIFLETTORI GIGANTI E L'UNIVERSO DELLE STELLE

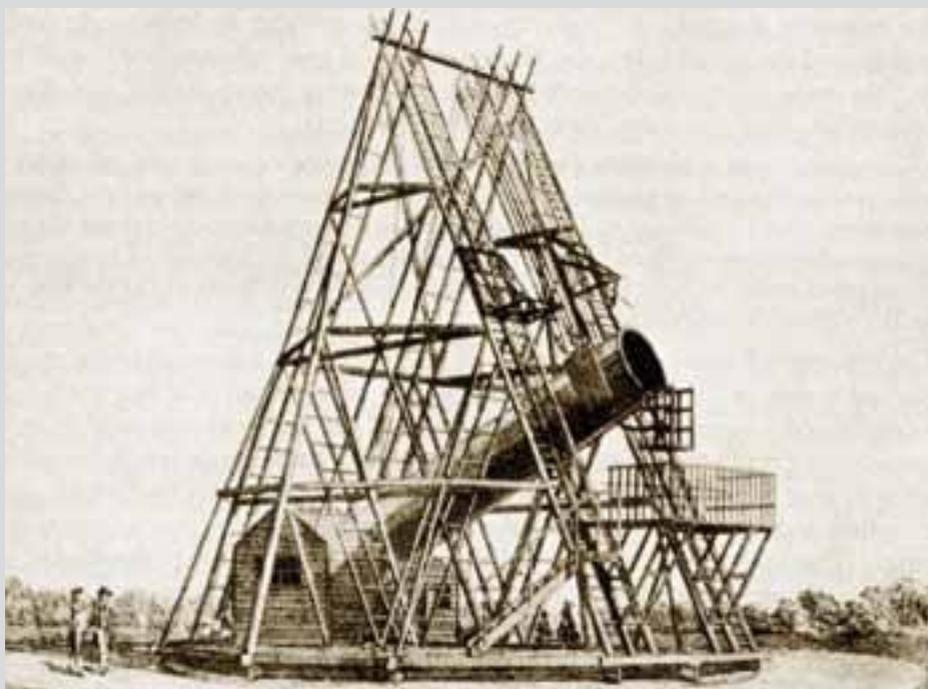
Friedrich Wilhelm Herschel intraprese la costruzione di grandi riflettori grazie alle migliorate tecniche di costruzione degli specchi.



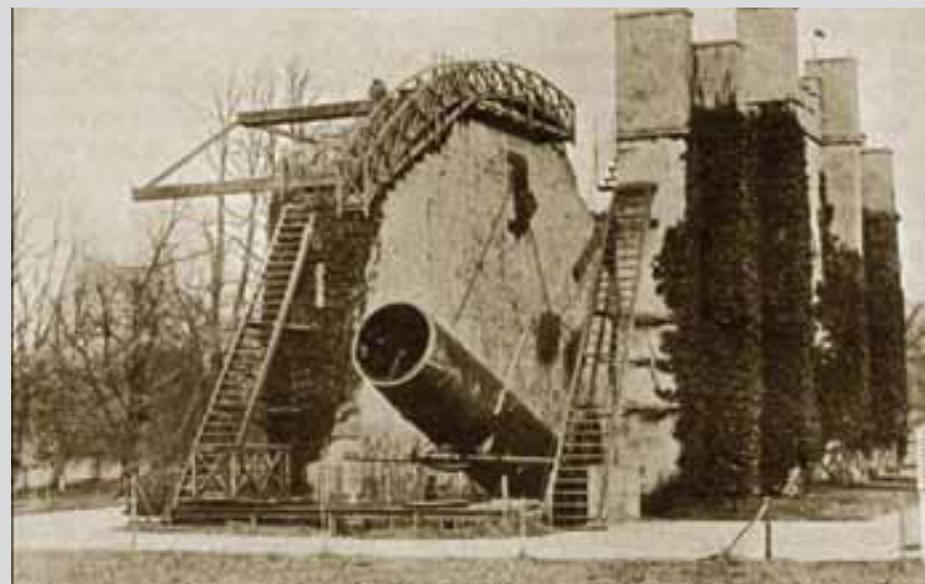
La prima mappa della Via Lattea pubblicata da Herschel nel 1785 (*Philosophical Transactions of the Royal Society of London*); il Sole è il punto vicino al centro.



Friedrich Wilhelm Herschel (1738-1822)



Il grande riflettore da 1,22 m di Herschel



Riflettore di Rosse a Birr Castle in Irlanda: era lungo 16,76 m, e lo specchio aveva un diametro di 1,83 m e pesava 3808 kg. Venne soprannominato il Leviatano (1845). Era il più grande telescopio al mondo dell'epoca; lo specchio era di metallo costituito di più elementi combinati, e aprì la via ai telescopi composti del 1900.



La prima nebulosa a spirale disegnata da Lord Rosse nel 1845.



William Parsons III conte di Rosse (1800 -1867)

NON SOLO STELLE E PIANETI

“Risulta che le stelle cosiddette “nebulose” sono in realtà gruppi di stelle sistemati in modo meraviglioso.”

Galileo, *Sidereus Nuncius*,
1610

“Possiamo sperare che questi oggetti curiosi, non solo per il loro numero elevato, ma anche per i loro grandi effetti, essendo non meno che interi agglomerati di stelle, attireranno nel futuro l'attenzione degli astronomi.”

John Herschel,
Catalogo di altre mille nuove nebulose e ammassi stellari,
1789

“Si può inoltre ipotizzare che questi universi superiori non siano senza relazione l'un l'altro, e che, attraverso questa loro mutua relazione, costituiscano di nuovo un sistema ancora più immenso.”

Kant,
Storia naturale universale e teoria dei cieli, 1755

“Usiamo chiamare questi oggetti spirali in quanto presentano una struttura curvilinea che non consiste di curve che rientrano con regolarità verso il centro.”

Lord Rosse, *Osservazioni di nebulose*, 1850

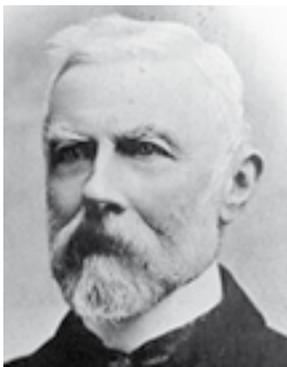
La galassia M99 disegnata da Lord Rosse



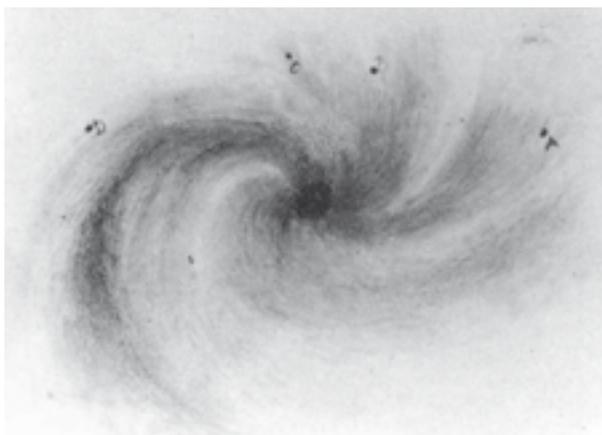
Charles Messier (1730-1817)



Immanuel Kant (1724-1804)



John Luis Emil Dreyer (1852-1926) lavorò alle dipendenze del figlio di Lord Rosse; compilò il *New General Catalogue* (1887), una revisione del catalogo di John Herschel, figlio di Friedrich Wilhelm.



La galassia M74



La galassia NGC7331 (immagine moderna)

TELESCOPI SEMPRE PIÙ GRANDI

SENSIBILITÀ

Maggiore è l'area dell'obiettivo, sia esso a lenti o a specchio, maggiore è la quantità di luce che il telescopio è in grado di raccogliere.

Grandi telescopi permettono quindi di studiare oggetti molto deboli, cioè hanno grande *sensibilità*. La sensibilità del telescopio dipende anche dal rivelatore posto all'oculare. Ad esempio l'occhio raccoglie solo il 6-10% della luce che viene trasmessa dal telescopio; questo valore è chiamato *efficienza quantica*.

Alla fine del XIX secolo, con l'invenzione della fotografia chimica, furono ripresi oggetti fino a quel momento invisibili all'occhio; l'efficienza quantica di una lastra fotografica può arrivare al 15-20% con pose di molte ore che necessitano di un inseguimento da parte del telescopio molto accurato per tutta la durata dell'esposizione.

Negli ultimi decenni sfruttando dei particolari sensori elettronici come i CCD (Charge Coupled Devices) l'efficienza quantica è aumentata fino a superare l'80%, permettendo di sco-

prire oggetti debolissimi con pose di poche decine di minuti.

RISOLUZIONE ANGOLARE

A causa della natura ondulatoria dei raggi luminosi l'immagine di un oggetto puntiforme che un obiettivo crea sul piano focale non è un puntino di dimensioni infinitesime, ma un disco di raggio finito, chiamato disco di Airy o disco di diffrazione.

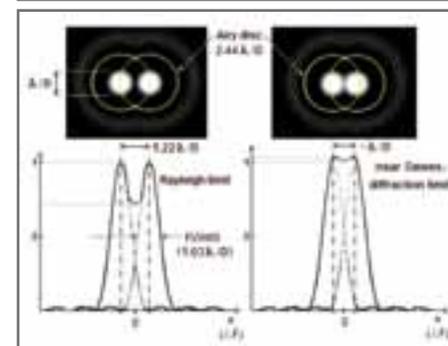
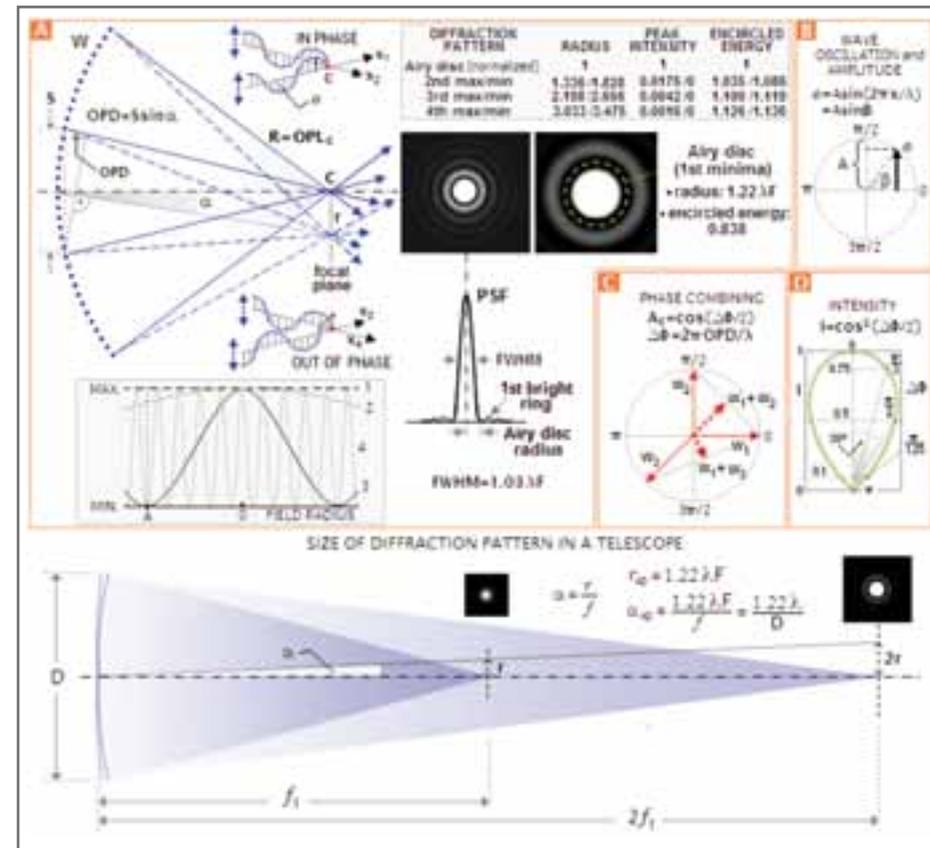
La *risoluzione* dell'obiettivo del telescopio è data dal raggio di tale disco:

$$R = 1,22 \lambda F / D$$

dove λ è la lunghezza d'onda del raggio luminoso (ad es. 0,0055 mm per il verde), F è la lunghezza focale del telescopio e D il diametro dell'obiettivo del telescopio. In pratica poi il raggio dell'immagine viene accresciuto ulteriormente dalla turbolenza atmosferica.

Il dettaglio minimo che un telescopio è in grado di rivelare è dato da R e quindi è tanto minore quanto maggiore il diametro dell'obiettivo (a parità di distanza focale). La tecnologia non permette di aumentare il

diametro oltre certi limiti (ad oggi si arriva fino a 10 metri), tuttavia è possibile aumentare "virtualmente" il diametro degli obiettivi combinando la radiazione raccolta da telescopi posti a grandi distanze; questa tecnica si chiama *interferometria*.



Sensibilità e risoluzione dei telescopi

GRANDI RIFLETTORI DEL 1900

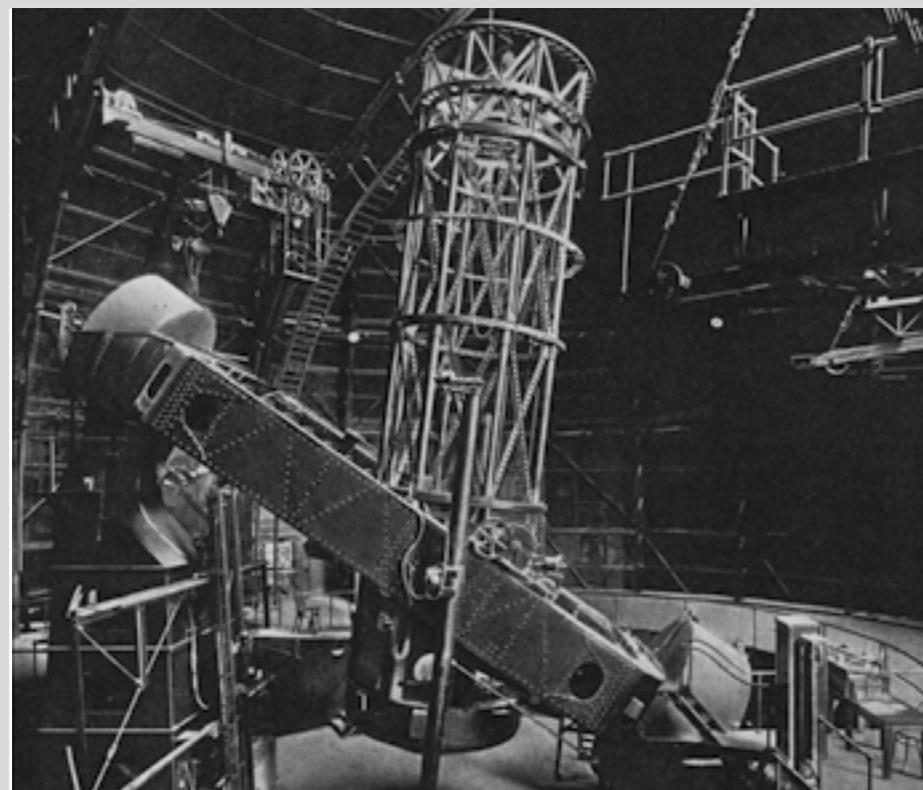
Alla fine del 1800 la tecnologia rese possibile la costruzione di specchi di vetro con grande riflettività grazie alla deposizione di strati di argento prima e alluminio poi. In tal modo i riflettori ripresero il sopravvento sui rifrattori potendo raggiungere dimensioni molto superiori.

Il riflettore Hooker di Monte Wilson con specchio da 2,5 metri di diametro fu il maggior telescopio del mondo fino al 1948 quando fu inaugurato il gigantesco telescopio di Monte Palomar (5 m di diametro), che lo stesso **Hale** aveva progettato e che a lui è intitolato.

Occorsero 20 anni per realizzarlo, ma quando entrò in funzione, Hale era scomparso già da un decennio. Il telescopio di Monte Palomar ha dilatato enormemente i confini dell'universo visibile e ha contribuito molto allo sviluppo della cosmologia.



George Ellery Hale (1868-1938), costruttore dei maggiori telescopi del 1900.



Riflettore Hooker (1919)



Telescopio di Monte Palomar

LE DISTANZE DELLE NEBULOSE

Lo studio delle stelle nelle nebulose: le stelle variabili del tipo δ Cephei. La luminosità di una Cefeide varia ciclicamente nel tempo con periodi di qualche giorno. Nel 1908 **Leavitt** misurò il periodo di variabilità e la luminosità di 25 Cefeidi nella Piccola Nube di Magellano scoprendo una legge fondamentale per la misura delle distanze delle nebulose: maggiore è la durata del periodo, maggiore è la luminosità assoluta della stella.

Nel 1923 la legge delle Cefeidi applicata a stelle variabili identificate nella nebulosa di Andromeda con il riflettore di Monte Wilson permise a **Hubble** di affermare definitivamente che le nebulose sono sistemi simili, ma distinti dalla nostra galassia, la Via Lattea, e distano non meno di un milione di anni luce.

“Ma ora, grazie ai grandi telescopi, sappiamo qualcosa della natura delle nebulose, qualcosa della loro reale dimensione e luminosità.”

Hubble,
Il regno delle nebulose, 1936



Henrietta Swan Leavitt 1868-1921



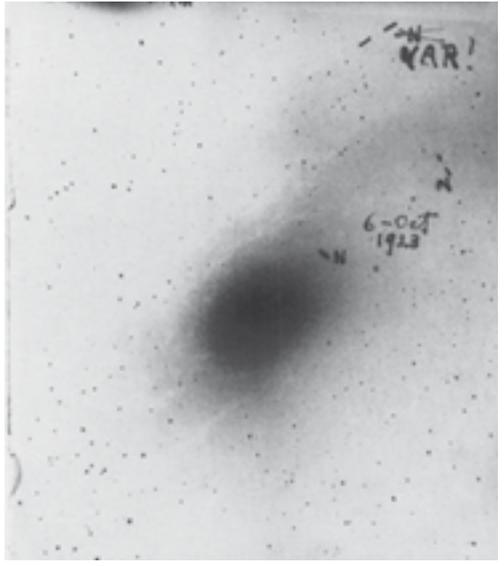
Edwin Powell Hubble (1889-1953)



Delta Cephei



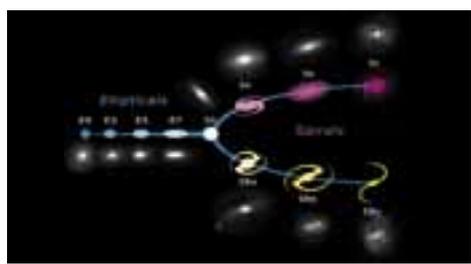
Piccola Nube di Magellano



Appunti di Hubble sulla prima Cefeide osservata in M31



Galassia di Andromeda - M31



Classificazione di Edwin Hubble

L'UNIVERSO DELLE GALASSIE

Il telescopio di Monte Wilson consentì a **Edwin Hubble** e **Milton Humason** di ottenere le distanze e gli spettri di molte galassie e di ricavare una correlazione tra la loro distanza e la velocità relativa (tramite l'effetto Doppler): scoprirono così che le galassie si allontanano da noi e la velocità di allontanamento aumenta all'aumentare della loro distanza, *legge di Hubble*.

“Le nuove misure che ci aspettiamo nel prossimo futuro potranno modificare il significato del presente lavoro, ma, se confermato, porteranno a una soluzione di incommensurabile rilevanza.”

Hubble, *Una relazione tra distanza e velocità radiale delle nebulose extragalattiche*, 1929

L'Universo non è statico, ma si espande, come previsto dalle teorie cosmologiche relativistiche di Einstein, Friedmann, De Sitter, Lemaître.

L'avvento del telescopio di Monte Palomar permise di estendere la legge di Hubble a galassie sempre più lontane, rivelando che esistono oggetti distanti centinaia di milioni di anni luce. Allontanandosi nello spazio si arretra nel tempo: i quasar, che fuggono da noi a velocità prossime a quella della luce, sono galassie lontanissime appena nate.

La ricerca continua sui grandi telescopi del nuovo millennio, da Terra e dallo spazio.

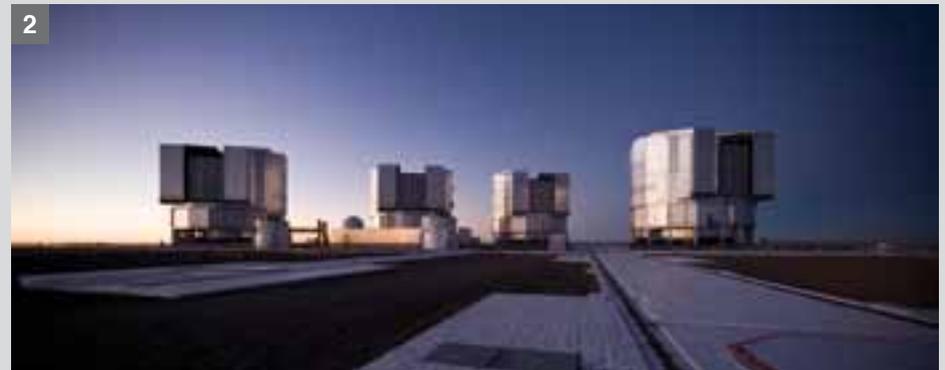


Campo profondo di galassie e quasar



1

1 - Il telescopio spaziale Hubble



2

2 - Il Very Large Telescope (Paranal, Cile)



3

3 - I due telescopii interferometrici Keck da 10 metri (Mauna Kea, Hawaii)

RIVELATORI EFFICIENTI L'ORIZZONTE SI ALLONTANA



Con la spettroscopia multipla (MOS), si possono misurare centinaia di spettri in una sola posa, rendendo possibile la compilazione di cataloghi con le distanze di centinaia di migliaia di galassie, sempre più lontane e quindi sempre più vicine all'inizio dell'Universo. La struttura dell'Universo

primordiale si rivela nella presenza di aggregazioni in ammassi e suprammassi di galassie, la cui formazione ed evoluzione può essere spiegata solo se si suppone che il 90% della materia nell'Universo sia materia oscura.

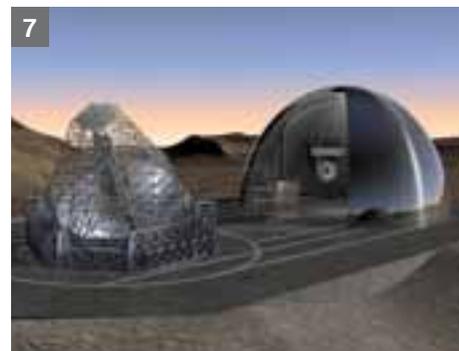
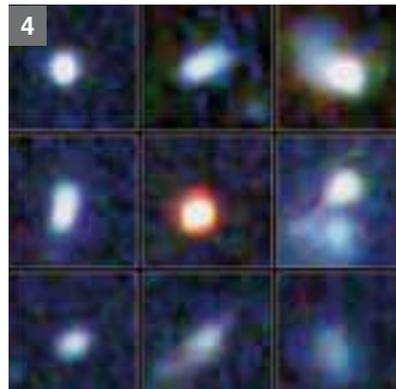


1- Lo strumento MOS sul telescopio UKST

2- Distribuzione delle galassie su grande scala (la zona apparentemente priva di galassie è oscurata dalla nostra Galassia)

3- Galassie in collisione. L'origine delle galassie è dovuta alle interazioni gravitazionali che portano alla coalescenza di aggregazioni primordiali.

4- Galassie giovani in formazione osservate dal telescopio spaziale.



Occhi sempre più potenti osserveranno nel futuro sia da Terra sia dallo spazio e non solo le onde elettromagnetiche: onde gravitazionali (LISA, VIRGO), neutrini (LVD), raggi cosmici (Auger).

5- Il Large Binocular Telescope con ottiche adattive per eliminare l'effetto della turbolenza atmosferica.

6- Fors 1, Spettroscopia a bassa dispersione al VLT

7- Over Whelmingly Large Telescope da 100 metri

8- James Webb Telescope da 8 metri

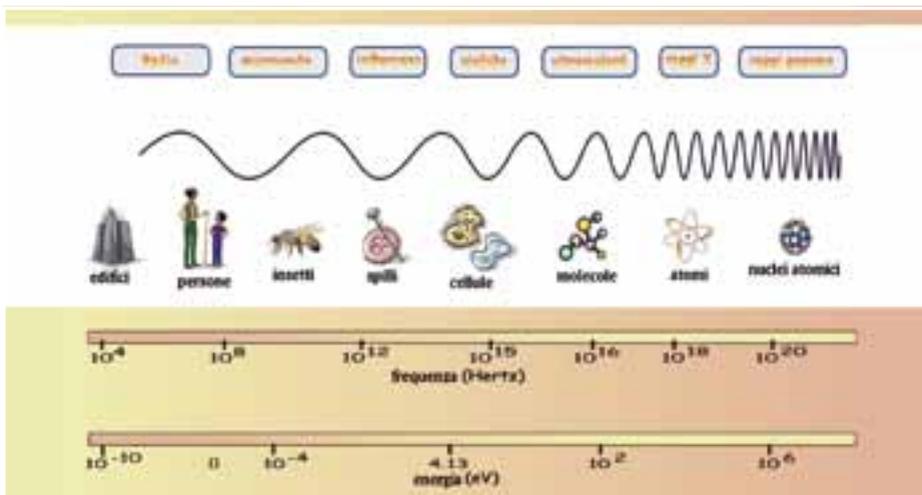
I TELESCOPI DELL'INVISIBILE

Gli astrofisici hanno sviluppato telescopi e rivelatori capaci di studiare la radiazione proveniente dallo spazio in tutte le lunghezze d'onda dello spettro elettromagnetico, dai più corti raggi gamma fino alle più lunghe onde radio.

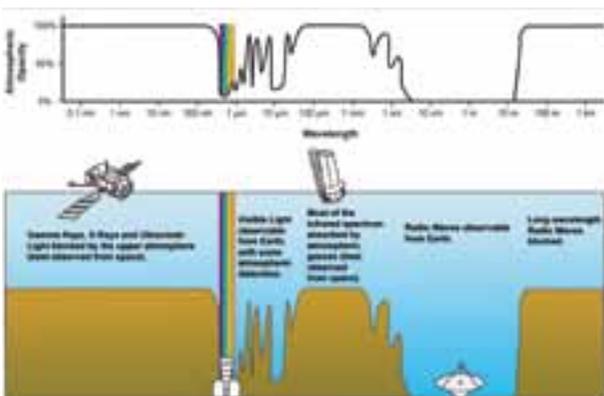
Da Terra, a causa dell'assorbimento atmosferico, si possono osservare le radiazioni provenienti dallo spazio soltanto nell'ottico e nel radio.

Con osservatori oltre la coltre atmosferica l'osservazione si estende a tutte le lunghezze d'onda dello spettro elettromagnetico.

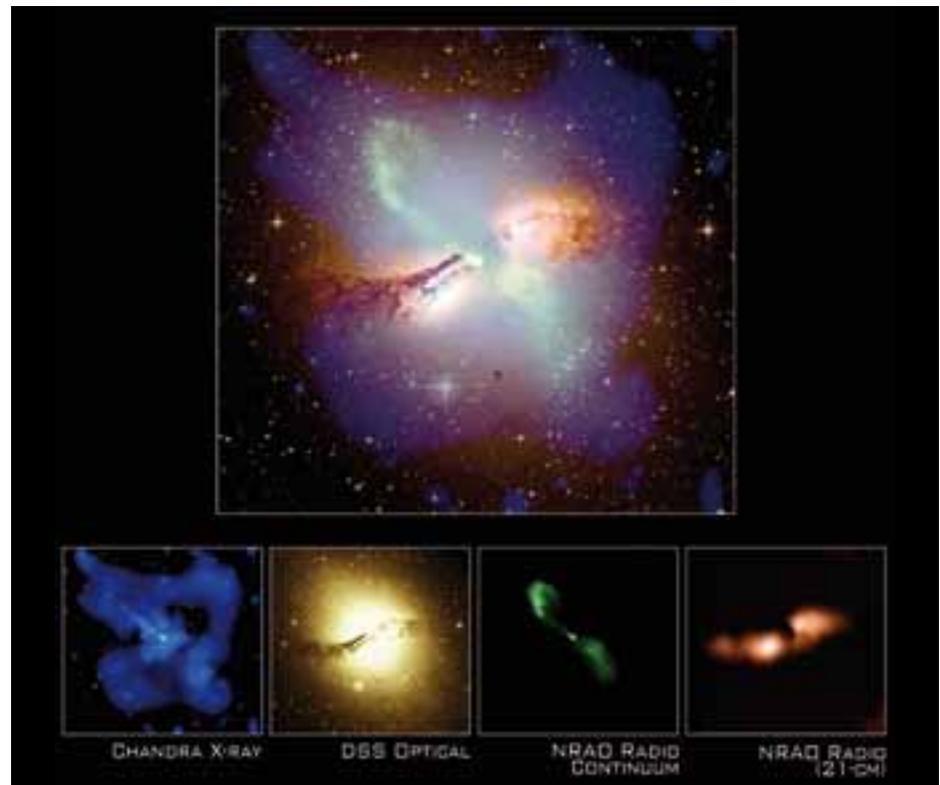
Molte nuove classi di oggetti cosmici sono state scoperte osservando nell'astronomia dell'invisibile: pulsar, gas interstellare, radiogalassie, galassie attive, lampi gamma, buchi neri.



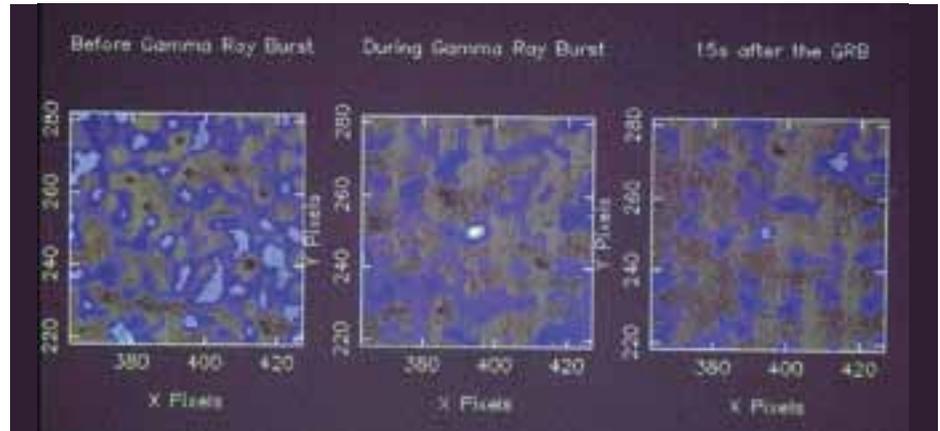
Spettro elettromagnetico e scale di lunghezze d'onda



Trasparenza atmosferica



La galassia ellittica nel Centauro osservata nelle varie lunghezze d'onda



Lampo gamma (gamma-ray burst) osservato in raggi X dal satellite Beppo SAX

RADIOASTRONOMIA

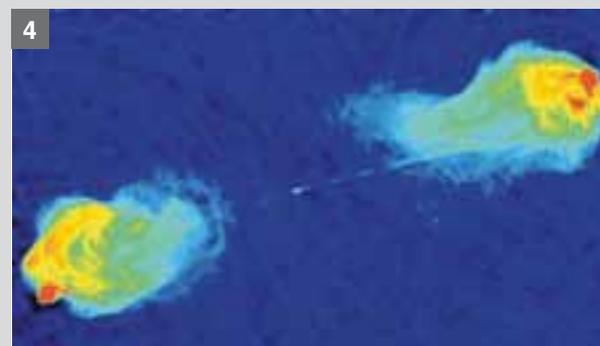
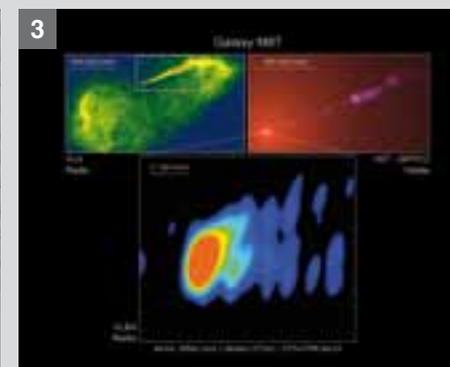
Le onde radio e millimetriche possono essere osservate con grandi reti di telescopi, disposti su grandi aree e anche in varie regioni della Terra, tra loro collegati interferometricamente per raggiungere grandi risoluzioni spaziali, cioè per rivelare dettagli nelle sorgenti estese.



Karl Guthe Jansky (1933) fondatore della radioastronomia



Radiotelescopi della rete VLA (Very Large Array)



- 1- Il futuro telescopio mm ALMA, dell'ESO
- 2- La nebulosa del Granchio e la pulsar NP 0532
- 3- Il getto della galassia attiva M 87 a diverse scale nel radio e nell'ottico
- 4- La radiogalassia Cygnus A

TELESCOPI INFRAROSSI

Osservazioni nell'Infrarosso permettono di studiare il gas interstellare e le regioni di formazione stellare.

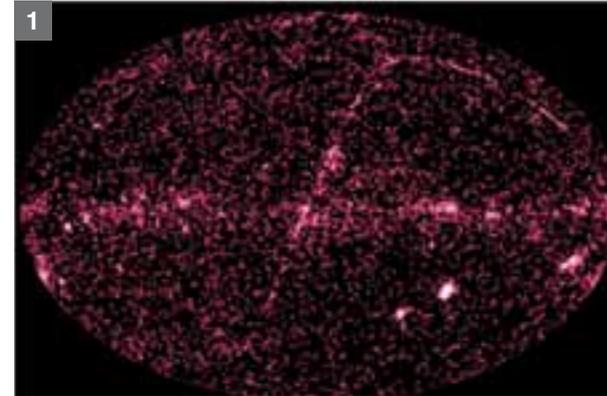


1- Mappa del cielo nell'infrarosso tracciata dalla missione spaziale ISO lanciata nel 1983

2- Il satellite Europeo infrarosso ISO

TELESCOPI ULTRAVIOLETTI

Questa banda consente lo studio del mezzo interstellare caldo e delle stelle di alta temperatura.



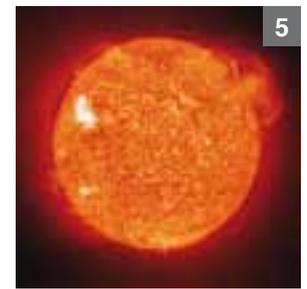
1- La mappa del cielo nell'ultravioletto.

2- L'osservatorio ultravioletto Astro osserva l'universo a bordo della navetta spaziale Columbia (1990)

3- Il satellite IUE (1978)

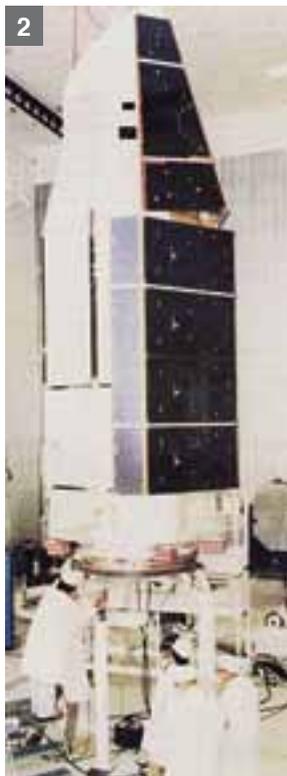
4- Il satellite SOHO

5- Protuberanze solari nell'ultravioletto estremo



TELESCOPI PER LE ALTE ENERGIE

L'astronomia delle alte energie ha inizio nel 1962, quando il razzo disegnato da un'equipe guidata da **Riccardo Giacconi** scopre la prima sorgente X, nella costellazione dello Scorpione, chiamata Sco-X1. Seguono le stazioni orbitanti Uhuru, Einstein, Beppo Sax, Chandra, Vela, CGRO, INTEGRAL, AGILE, FERMI.



3

1- Telescopio per raggi X che sfrutta la tecnologia delle superfici a incidenza radente.

2- HEAO 2 (Einstein) (1978)

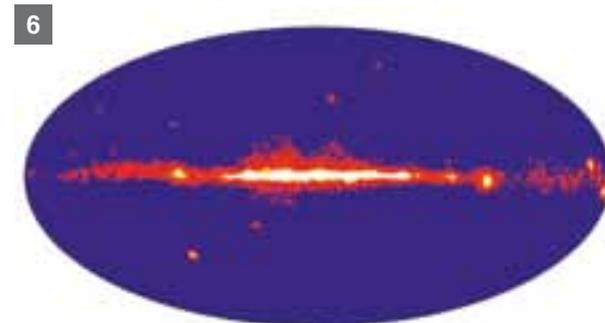
3- Il satellite INTEGRAL (2002)

4- Beppo SAX, satellite italiano (1996)

1



5



6



7

5 Chandra X ray Observatory (1999)

6- Mappa del cielo nei raggi gamma (dalla missione AGILE)

7- La pulsar della nebulosa del Granchio

8- La galassia attiva M87

9- AGILE Satellite italiano per raggi gamma (2007)



8



9

I TELESCOPI CHE STUDIANO IL BIG-BANG

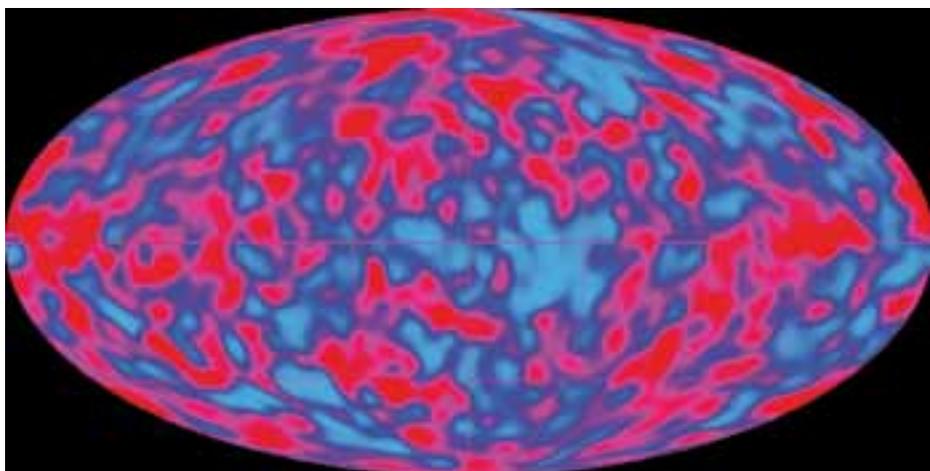
Il satellite COBE (COsmic Background Explorer, 1989) ha prodotto il primo spettro completo della radiazione cosmica di fondo a microonde, resto del Big-Bang da cui è nato l'Universo. Ha anche rivelato le sue disomogeneità che segnano le perturbazioni iniziali della materia/energia dell'Universo.

Nel 2001 la missione spaziale WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe) ha misurato le disomogeneità a scale ancora minori e in maggior dettaglio.

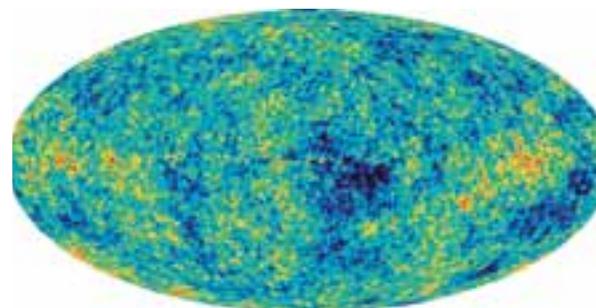
Grazie al satellite WMAP vediamo l'Universo 300 mila anni dopo il Big-Bang e possiamo tracciarne l'intera storia fino ai nostri giorni.



Il satellite COBE



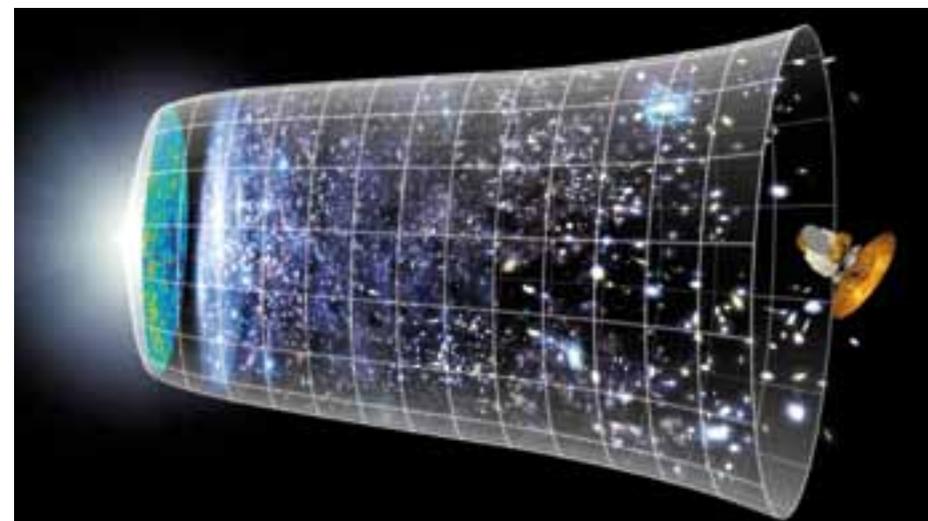
La mappa della radiazione cosmica di fondo prodotta dal satellite COBE



Mappa della radiazione cosmica di fondo prodotta dalla missione WMAP



La missione WMAP



La storia dell'Universo lunga 13.7 miliardi di anni dal Big-Bang alla struttura dei nostri giorni. Come evolvono le dimensioni dell'Universo nel tempo (da sinistra a destra). Dopo il Big-Bang si ha una fase

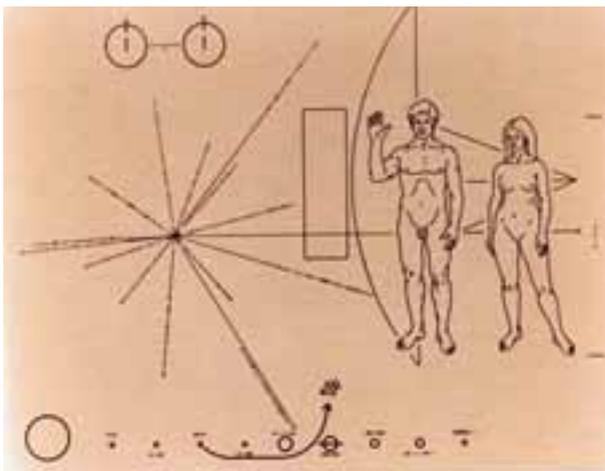
di rapida espansione (inflazione) che possiamo misurare nella radiazione cosmica di fondo. L'espansione viene quindi controllata dall'autogravitazione del sistema. Dopo un periodo di buio le disomogeneità della ma-

teria (barionica e oscura) portano alla formazione delle galassie, delle stelle e dei pianeti. Attualmente l'espansione appare accelerare sotto la spinta di un' **energia oscura**, forse legata all'energia del vuoto.

I TELESCOPI ALLA RICERCA DI ALTRE TERRE

IL PASSATO

La sonda Pioneer 10, lanciata nel 1972, reca una placca d'oro con inciso un messaggio contenente dati fondamentali sull'umanità, sulle nostre conoscenze e sulla nostra posizione nello spazio. La sonda ha ormai superato i confini del sistema solare ed è diretta verso la regione della stella Aldebaran, che raggiungerà tra due milioni di anni.



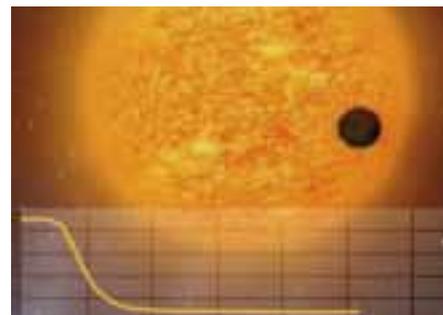
Messaggio sul satellite Pioneer 10

IL PRESENTE

Il telescopio spaziale Kepler, lanciato il 6 Marzo 2009, ha la missione di scoprire pianeti extrasolari di tipo terrestre. Allo stato attuale, sono stati scoperti 342 pianeti extrasolari, ma nessuno di tipo terrestre.

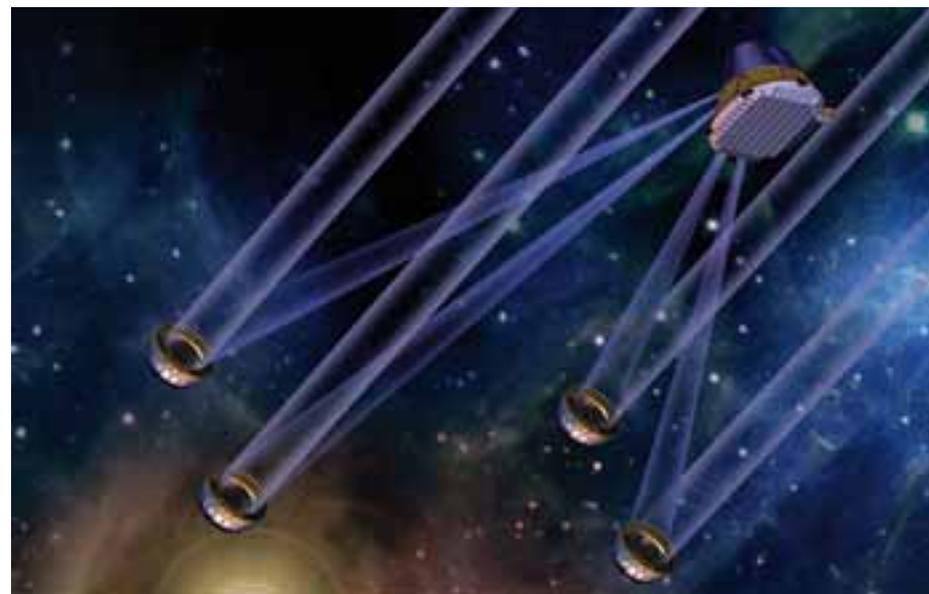


Satellite Kepler per la ricerca di pianeti di tipo terrestre



Kepler utilizzerà il *metodo del "transito"* che si basa sulla diminuzione periodica del flusso luminoso di una stella quando il pianeta, nel suo moto di rivoluzione, si interpone tra il telescopio e la stella stessa. Questo effetto è estremamente debole ma misurabile.

Metodo del "transito". Nell'immagine l'effetto è amplificato.



TPF-I

IL FUTURO

Il **Terrestrial Planet Finder Interferometer**, che raggiungerà una grande risoluzione spaziale grazie alla combinazione interferometrica di

quattro specchi da 4 metri di diametro, avrà il compito di individuare pianeti di tipo terrestre attraverso la misura della presenza di vapore acqueo, anidride carbonica, ozono, metano. Osservando-

ne in gran numero ed in diverse fasi evolutive, ci potrà dare informazioni anche sul passato della nostra Terra.

COMITATO D'ONORE

Mercedes Bresso

Presidente della Regione Piemonte

Ezio Pelizzetti

Rettore, Università di Torino

Alberto Conte

Preside della Facoltà di Scienze MFN, Università di Torino

Angelo Raffaele Meo

Presidente dell'Accademia delle Scienze di Torino

Silvano Massaglia

Direttore del Dipartimento di Fisica Generale, Università di Torino

Attilio Ferrari

Presidente del Comitato Organizzatore, Università di Torino

Maria Paola Azzario Chiesa

Presidente Centro UNESCO Torino

COMITATO ORGANIZZATORE

Maurizio Pandolfi, Chiara Mancinelli

Accademia delle Scienze di Torino

Franca Porticelli

Biblioteca Nazionale Universitaria di Torino

Antonaldo Diaferio, Davide Klemenž, Stefano Sosio, Lucia Salto

Università di Torino

Gian Mario Bravo

Fondazione Luigi Firpo

Enrico Predazzi, Gianni Latini

Centro Agorà Scienza

Mauro Musso

Osservatorio Astronomico di Cerreto d'Asti

Gabriella Ardizzoia, Franco Bevilacqua,

Claudio Casacci, Cristina Palici di Suni

Associazione per la Divulgazione dell'Astrofisica

Regione Piemonte

Direzione Gabinetto della Giunta Regionale

Settore Relazioni esterne e Cerimoniale

Settore Rapporti Stato Regioni - Ufficio di Roma

SOTTO L'ALTO PATRONATO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA ITALIANA

